

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08186095 A**

(43) Date of publication of application: **16.07.96**

(51) Int. Cl. **H01L 21/3065**
C23F 1/12
C23F 4/00
H01L 21/28
H01L 29/88

(21) Application number: **06328049**

(22) Date of filing: **28.12.94**

(71) Applicant: **KAWASAKI STEEL CORP**

(72) Inventor: **MASUDA KIYOTAKA**

(54) FORMATION OF CONTACT HOLE

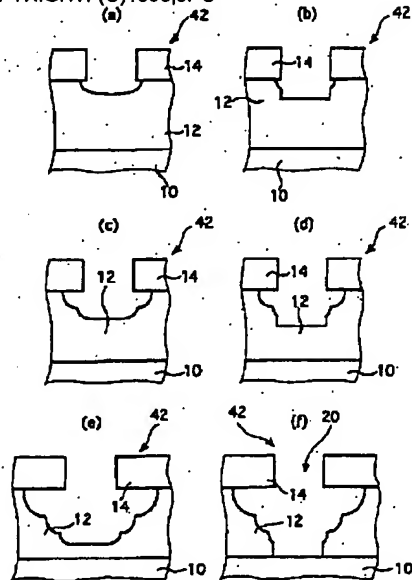
(57) Abstract:

PURPOSE: To easily form a smoothly and fully tapered contact hole by repeatedly performing isotropic etching having a fluorine radical as an etchant and subsequently performing highly anisotropic etching by vertical ion implanting whereby etching is performed in the same group excepting the last anisotropic etching.

CONSTITUTION: An insulating film 12 is formed on a semiconductor substrate such as a silicon substrate 10 so as to form a resist layer 14 by application. Next, an opening corresponding to a hole diameter of a contact hole to be formed is formed on the resist layer 14. Later, isotropic etching using a fluorine radical is firstly performed so as to perform some isotropic etching of the insulating film 12, next highly anisotropic etching due to vertical ion implanting is performed so as to further perform some anisotropy etching of the insulating film 12, next highly anisotropic etching due to vertical ion incidence is performed so as to further perform some anisotropic etching of the insulating film in the vertical direction for still deeper digging the contact hole having prescribed hole diameter. These isotropic and anisotropic etchings are three times repeated for

forming the contact hole. Further, all etchings excepting the last anisotropic etchings are performed within the same group.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



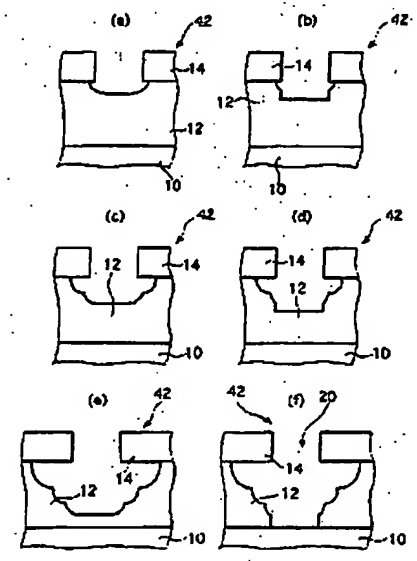
(10) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A) (11) 特許出願公開番号
特開平8-186095
(43) 公開日 平成8年(1996) 7月16日

(51) Int. Cl.⁶ 識別記号 片内整理番号 P I 技術表示箇所
H 0 1 L 21/3085
C 2 3 F 1/12
4/00 C
H 0 1 L 21/302 M
A
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平8-329049	(71) 出願人	000001259 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(22) 出願日	平成6年(1994)12月28日	(72) 発明者	増田 清隆 東京都千代田区内幸町2丁目2番3号 川崎製鉄株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 徳辺 望穂 (外1名)

(54) 【発明の名称】 コンタクトホール形成方法及びエッチング装置

(57) 【要約】
【目的】 滑らかで十分なテーパを有し、寸法精度にも優れたコンタクトホールを、容易かつ高い生産効率で形成できるコンタクトホールの形成方法、およびこれを実施するエッチング装置を提供する。
【構成】 半導体ウエハにフッ素ラジカルを含むガスを供給して等方性エッチングを行い、続いて、ウエハ表面に垂直入射するイオンを供給して異方性の高いエッチングを行うことを繰り返すことにより、また、反応室内でウエハを載置する反応室壁と絶縁されたRf電圧印加電極と、反応室と隣接して設けられるマイクロ波放電プラズマ発生部と、プラズマ発生部にエッチングガスを供給する手段と、反応室とプラズマ発生部との間に配置される接地されたガス分散板と、Rf電圧印加電極へのRf電位印加手段とを有することにより前記目的を達成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体装置の製造工程におけるコンタクトホール1の形成方法であって、

半導体ウエハにフッ素ラジカルを含む電気的に中性なガスを供給して等方性エッチングを行い、続いて、前記半導体ウエハ表面に垂直方向に入射するイオンを供給して異方性の高いエッチングを行うことを繰り返すことにより、側壁部に傾斜の付いたコンタクトホールを形成し、かつ、少なくとも最後の異方性エッチング以外は、同一の系内でエッチングを行うことを特徴とするコンタクトホール1の形成方法。

【請求項2】 前記等方性エッチングを放電窒素形のマイクロ波放電を利用したダウンフローエッチングで行い、前記異方性の高いエッチングを反応性イオンエッチングによって行い、前記等方性エッチングから異方性の高いエッチングへの切り換えを、前記マイクロ波放電と、半導体ウエハを載置する基台への高周波電圧印加電極への高周波電圧印加とを切り換えることによって行う請求項1に記載のコンタクトホール1の形成方法。

【請求項3】 前記等方性エッチングを放電窒素形のマイクロ波放電を利用したダウンフローエッチングで行い、前記異方性の高いエッチングを反応性イオンエッチングによって行い、前記等方性エッチングから異方性の高いエッチングへの切り換えを、前記マイクロ波放電を行いつつ、半導体ウエハを載置する基台への高周波電圧印加電極に高周波電圧を印加することによって行う請求項1に記載のコンタクトホール1の形成方法。

【請求項4】 反応室内に配置される反応室壁と絶縁された半導体ウエハを載置する高周波電圧印加電極と、前記反応室と隣接して設けられるマイクロ波放電プラズマ発生部と、このマイクロ波放電プラズマ発生部にエッチング用のガスを供給する手段と、前記反応室とマイクロ波放電プラズマ発生部との間に配置される移送されたガス分散板と、前記高周波電圧印加電極に高周波電圧を印加する手段とを有することを特徴とするエッチング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の製造工程におけるコンタクトホール1のエッチング技術に関する。詳しくは、好適な滑らかな傾斜（略テーパー状）の側壁を有するコンタクトホールを容易かつ高い生産効率で形成できるコンタクトホール1の形成方法、ならびにこのコンタクトホール1の形成方法を要するエッチング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の微細化に伴って、コンタクトホール1のステップカバレージを高くするため、コンタクトホール1の側壁に傾斜（テーパー）を付けること、あるいはコンタクトホール1の上部孔径を大きくすることが考えられ、各種の方法が考案、実施されている。

【0003】 例えば、図4に示されるように、シリコン基板（シリコンウエハ）10上にBPSG (boro phospho silicate glass)膜等の絶縁膜12を形成し、さらにコンタクトホール1に対応するレジスト層14を形成した後、CF₄、+O₂の混合ガス等を用いたケミカルドライエッチング（CDE）、もしくはBHF等のエッチング液を用いたウェットエッチング等により等方性エッチングを1回行って絶縁膜12等を等方的に若干エッチングした後、反応性イオンエッチング（RIE）等により異方性エッチングを一回行って、ワイナグラス状のコンタクトホール14を穿孔する方法が行われている。

【0004】 また、他の方法として、RIEを用いたコンタクトホール1の形成方法において、ガスの比率等の条件を調整して選択比等を適当に調整し、略テーパー状のコンタクトホール1を形成することも知られている。例えば、CF₄、+CHF₃、+Arの混合ガスを用いたRIEを行う際に、CHF₃の比率を多くすることによりデポジション性の強い雰囲気として、エッチングを行いながら内壁にデポジションを行うことにより、略テーパー状のコンタクトホール1を形成する方法、CF₄、および/またはCHF₃の比率向上やO₂ガスの添加等によりレジスト層と酸化膜との選択比を低下させ、コンタクトホール1を形成しつつレジスト層もエッチングすることにより、略テーパー状のコンタクトホール1を形成する方法等が知られている。

【0005】 しかしながら、上述した一回の等方性エッチングを行った後に一回の異方性エッチングを行う方法では、図4に示されるようにコンタクトホール14がワイナグラス状となり、滑らかなテーパー状ではなく図中aで示されるような突起部分が形成されて、この部分のステップカバレージが悪いという問題点がある。また、CDEもしくはウェットエッチングとRIEという全く異なるエッチングを行うため、従来の装置では両エッチングを異なる装置で行う必要があり、生産効率が悪いという問題点もある。

【0006】 他方、RIEにおいてガス比率等を調整する方法においては、系内をデポジション性の強い雰囲気とする方法では、孔径の制御性が悪く所定のコンタクトホール1を形成できないばかりか、デポジション性によってはコンタクトホール1の孔径が極めて小さくなってしまい、またコンタクトホール1の深さによって孔径が異なるという問題点がある。また、選択比を低下する方法では、レジスト層の厚さとエッチングレートとに制約を受け、十分なテーパーを付けることができない。あるいは、十分なテーパーを形成するためにはレジスト層を厚くする必要があり、やはり生産効率が悪い。そのため、良好なテーパーを持つコンタクトホール1を容易に形成できる技術の確立が望まれている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、前記

従来技術の問題点を解決することにより、滑らかで十分なテーパーを有し、寸法精度にも優れたコンタクトホールを、容易かつ高い生産効率で形成することができるコンタクトホールの形成方法、およびこのコンタクトホールの形成方法を実装するエッチング装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明のコンタクトホールの形成方法は、半導体装置の製造工程におけるコンタクトホールの形成方法であって、半導体ウエハにフッ素ラジカルを含む電気的に中性なガスを供給して等方性エッチングを行い、続いて、前記半導体ウエハ表面に垂直方向に入射するイオンを供給して異方性の高いエッチングを行うことを繰り返すことにより、側壁部に傾斜の付いたコンタクトホールを形成し、かつ、少なくとも最後の異方性エッチング以外は、同一の系内でエッチングを行うことを特徴とするコンタクトホールの形成方法を提供する。

【0009】また、前記形成方法において、前記等方性エッチングを放電室分形形のマイクロ波放電を利用したダウンフローエッチングで行い、前記異方性の高いエッチングを反応性イオンエッチングによって行い、前記等方性エッチングから異方性の高いエッチングへの切り換えを、前記マイクロ波放電と、半導体ウエハを載置する基台への高周波電圧印加電極への高周波電圧印加とを切り換えることによって行うのが好ましい。

【0010】また、前記形成方法において、前記等方性エッチングを放電室分形形のマイクロ波放電を利用したダウンフローエッチングで行い、前記異方性の高いエッチングを反応性イオンエッチングによって行い、前記等方性エッチングから異方性の高いエッチングへの切り換えを、前記マイクロ波放電を行い、半導体ウエハを載置する基台への高周波電圧印加電極に高周波電圧を印加することによって行うのが好ましい。

【0011】さらに、本発明のエッチング装置は、反応室内に配置される反応室壁と絶縁された半導体ウエハを載置する高周波電圧印加電極と、前記反応室と隣接して設けられるマイクロ波放電プラズマ発生部と、このマイクロ波放電プラズマ発生部にエッチング用のガスを供給する手段と、前記反応室とマイクロ波放電プラズマ発生部の間に配置される接地されたガス分散板と、前記高周波電圧印加電極に高周波電圧を印加する手段とを有することを特徴とするエッチング装置を提供する。

【0012】

【発明の作用】以下、本発明のコンタクトホールの形成方法およびエッチング装置について、添付の図面に示される好適例をもとに詳細に説明する。本発明のコンタクトホールの形成方法（以下、形成方法とする）は、テーパー状のコンタクトホールを形成するために、同一の系内において、フッ素ラジカルをエッチャントとする等方性

エッチングを行い、続いて、垂直イオン入射による異方性の高いエッチングを行うことを繰り返すことを、その基本とする。

【0013】図1に、本発明の形成方法を概念的に示す。本発明の形成方法においては、半導体装置の製造工程において、シリコン基板（シリコンウエハ）10等の半導体基板上に絶縁膜12を形成し、レジスト層14を塗布形成する。次いで、形成するコンタクトホールの孔径（孔底の径）に対応する開口をレジスト層14に形成した後、まず、図1（a）に示されるようにフッ素ラジカルを用いた等方性エッチングを行って絶縁膜12を等方的に若干エッチングし、次いで、図1（b）に示されるように垂直イオン入射による異方性の高いエッチング（以下、異方性エッチングとする）を行い、絶縁膜12をさらに垂直方向に異方的に若干エッチングして、所定孔径のコンタクトホールをさらに深く穿孔する。本発明の形成方法では、等方性エッチングと異方性エッチングとを繰り返すことにより、テーパー状のコンタクトホールを形成する。

【0014】すなわち、図示例においては、次いで、図1（c）に示されるように、再度等方性エッチングを行って、さらに絶縁膜12を若干エッチングして突起部分を除去すると共にコンタクトホールを全体的に拡張する。この後、図1（d）に示されるように異方性エッチングを行い、所定孔径のコンタクトホールをさらに深く穿孔する。さらに、図1（e）に示されるように等方性エッチングを行い、最後に異方性エッチングを行って絶縁膜12を貫通することにより、図1（f）に示されるように（略）テーパー状のコンタクトホール20を形成する。つまり、図示例においては、等方性エッチングと異方性エッチング（「等方性エッチング→異方性エッチング」のサイクル）とを3回繰り返すことにより、コンタクトホール20を形成している。

【0015】このような本発明の形成方法によれば、等方性エッチングと異方性エッチングとのサイクルを繰り返すことにより、図1（a）～（f）に示されるように、等方性エッチングによってホールを横方向にも広げつつ穿孔し、異方性エッチングによってコンタクトホールを所定孔径で穿孔する結果となり、突起部分のない滑らかなテーパー状のコンタクトホール20を形成することができる。しかも、第1回目から最後までの等方性エッチングの総量を制御することにより、コンタクトホールの上部孔径（以下、孔上径とする）を制御することができ、また、レジスト層14の開口に沿った異方性エッチングによって最終的にコンタクトホールを完成するので、孔底径も正確なものとできる。

【0016】本発明の形成方法においては、等方性エッチングと異方性エッチングとの繰り返し回数、および各回のエッチング量（主に時間で制御）を調整することにより、孔上径およびコンタクトホールのテーパー形状を調

盛ることができる。コンタクトホールの上縁は、設計上とトータルプロセス上の要求から決定される。従って、これに合わせて等方性エッチングの総量、すなわち第1回目から最後までの等方性エッチングの合計量を決定すればよい。コンタクトホールの側面形状に関しては、等方性エッチングと異方性エッチングとの繰り返しを2回以上とすれば、繰り返し無しの場合（前記図4に示される例）に比べて、十分に大きな効果を得ることができる。孔上縁に比べて深い孔（アスペクト比の大きな孔）で滑らかなテーパ形状を得るためには、繰り返し回数を増やすのが効果的であるが、通常10回以内で十分であり、生産効率、孔上縁のサイズ等の点でもこの範囲内が好ましい。なお、各回のエッチング量（等方性および異方性共に）は、異なる量であっても同じ量であってもよい。

【0017】本発明の形成方法で得られたコンタクトホールの形状は、より詳細には図2のように表すことができる。図2は、等方性エッチングおよび異方性エッチングが共に理想的に進行したと仮定して、本発明の形成方法で得られたコンタクトホール断面の側面形状を示す側面図であり、等方性エッチングと異方性エッチングとの繰り返しを7回行って形成したコンタクトホールである。m回目の等方性エッチング量をAm、m回目の異方性エッチングの量をBm、エッチング終了時の繰り返し回数をTとし、レジスト層14のマスク下縁を原点（0、0）として、表面方向をx軸、深さ方向をy軸として、座標を（x、y）で示す。図2に示される例では、Am=0.5、Bm=0.5mであり、Tは前述のように7である。

【0018】まず、原点（0、0）を中心として下記式（1）で示される半径rで内角90°円弧を描く。

【数1】

$$r = \sum_{n=1}^T A_n \quad (1)$$

図示例においては「 $r = A_1 + A_2 + \dots + A_7 = 0.5 \times 7$ 」となる。

【0019】次いで、下記式（2）で示される座標点を中心として、下記式（3）で示される半径rで内角90°の円弧を描くことを、Tの数に応じて繰り返す。

【数2】

$$(0, \sum_{m=1}^T (A_m + B_m)) \quad (2)$$

$$r = \sum_{m=1}^{T+1} A_{T+1-m} \quad (3)$$

すなわち、図示例においては、座標点（0、1）を中心として「 $r = A_1 + A_2 + \dots + A_7 = 0.5 \times 6$ 」の円弧を描き、次いで、座標点（0、2.5）を中心として「 $r = A_2 + A_3 + \dots + A_7 = 0.5 \times 5$ 」の円弧を描き……を、等方性エッチングA、および異方性エ

ッチングB、に対応するまで繰り返す。

【0020】このようにして、円弧を描き、隣り合う円弧が交わった点で円弧をつなぎ、円弧が交わらない場合は、y軸に平行な線を引いて隣り合う円弧をつなぐことにより、図2に示されるように、本発明の形成方法で得られるコンタクトホールのテーパ形状となる。従って、本発明の形成方法においては、等方性エッチングと異方性エッチングとの繰り返し回数（T）、および各回のエッチング量（AmおよびBm）を調整することにより、孔上縁およびコンタクトホールのテーパ形状を調整することができる。

【0021】本発明においては、少なくとも最後の異方性エッチング以外は、エッチングを1つの系内、すなわち、少なくとも最後の異方性エッチング以外は等方性エッチングと異方性エッチングとが同一の装置で行われる。従って、全てのエッチングを1つの系内で行ってもよく、あるいは最後の異方性エッチング（図1では（f）、図2ではB、）のみを別の系で行ってもよい。

【0022】本発明の形成方法において、エッチングレートには特に限定はなく、コンタクトホールの深さ、孔径、アスペクト比、さらには使用するガスや印加電圧等のエッチング条件に応じて適宜決定すればよい。なお、エッチングレートは、1回当たりのエッチング量の制御性の点から必要な最低エッチング時間に対応するエッチングレートが上限となるが、エッチングレートが大きいほど生産性が良好になる。また、各サイクル毎における等方性エッチングおよび/または異方性エッチングのエッチングレートは、同一であっても異なるものであってもよい。

【0023】本発明の形成方法において、等方性エッチングとしてはフッ素ラジカルを利用したエッチング、異方性エッチングとしては垂直イオン入射を利用したエッチングであれば公知のすべての方法が利用可能であり、等方性エッチングとしては、ガスエッチング、ケミカルドライエッチング（CDE）、ダウンフローエッチング、プラズマエッチング等が、異方性エッチングとしては反応性イオンエッチング、スパッタエッチング、イオンビームエッチング等が利用可能である。なお、ダウンフローエッチングとは、CDEの一種であり、接地電極により荷電粒子を阻止して活性種を含む中性ガスのみをウエハに照射して等方性エッチングを行うものである。生産効率や形成するコンタクトホールの精度等の点で、等方性エッチングをCDE特にマイクロ波放電を利用したダウンフローエッチングで行い、異方性エッチングを反応性イオンエッチング（RIE）で行うのが好ましい。両者を利用することにより、第1回から最後までのCDEの総量でコンタクトホールの孔上縁を好適に制御でき、RIEの高い異方性によってコンタクトホールの孔底縁を正確に制御できる上、良好なエッチング速度および高い生産効率が実現できる。なお、コンタクトホー

ル孔上部の側壁が逆ターバとなるのを防ぐため、特に第一回目の等方性エッチングでは、電気的に中性なガスをウエハに供給し、イオンをできるだけ入射させないことが必要である。本発明においては、RIEとCDEとを同じ系で行うため、2回目以降のCDEにおけるエッチングが阻害されないようにRIEはデポジション性の低い雰囲気とする必要がある。また、CDEとRIEとの切り替え時におけるロス時間を短縮するため、同じガス、流量および圧力でエッチングを行うのが好ましい。そのため、エッチングの反応ガスとしてCF₄とO₂との混合ガスを用いるのがより好ましい。ただし、この混合ガスではシリコン選択比が十分得られないので、最後の異方性エッチングは、ガス系を変更するか、別の装置で行うのが好ましい。

【0024】本発明の形成方法は、このような等方性エッチングと異方性エッチングとを繰り返す行いであり、少なくとも最後の異方性エッチング以外は、両エッチングを一つの系内で少なくとも1回は行うことにより、優れた生産効率で、良好なターバを有するコンタクトホールを形成することができる。図3に、このような本発明の形成方法を実施する、本発明のエッチング装置の一例の概略図を示す。

【0025】図3に示されるエッチング装置30は、等方性エッチングをCDE（ダウンフローエッチング）で、異方性エッチングをRIEで行う装置である。エッチング装置30において、反応室となる（エッチング）チャンバ32はアルミニウム等の導電性材料で形成され、かつ接地されている。すなわち、図示例のエッチング装置30では、好ましい態様としてチャンバ32がRIEの上部電極として作用する。また、チャンバ32は、底面からコンダクタンスバルブ34を介してチャンバ32内部を真空にする真空ポンプ（図示省略）が接続され、側壁にはチャンバ32の内部の真空度を計測するキャパシタンスマノメータ36が設置される。

【0026】チャンバ32の下方には、基台40が設置される。コンタクトホールが形成されるシリコンウエハ（シリコン基板）42は、この基台40に載置され、CDEおよびRIEによってエッチングが行われる。なお、基台40には、シリコンウエハ42の温度をエッチング中に一定に保つための温度制御機構が設けられている（図示省略）。本発明のエッチング装置30において、シリコンウエハ42を載置する基台40は、表面が酸化されたアルミニウム（アルマイト）等の導電性の材料で形成され、テフロンやセラミック等の絶縁層38によってチャンバ32と絶縁されている。さらに、基台40には高周波（RF）電源44が接続される。すなわち、基台40はRIEの際のRF電圧印加電極（下部電極）として作用する。エッチング装置30において、RFの周波数には特に限定はなく、エッチングレートや使用するガス種等に応じて適宜決定すればよいが、通常1

3.56MHz程度のものが用いられる。

【0027】なお、図示例の装置では、基台40と高周波電源44とは、RFを印加した際のRFとプラズマとのインピーダンスの整合を取るためのマッチング回路（ブロッキングキャパシタを含む）46を介して接続される。

【0028】一方、チャンバ32の天井には開口が形成されており、ガス分散リング48を介して石英ベルジャ50によってこの開口が閉塞されている。なお、石英ベルジャ50の替わりにセラミック製のベルジャを用いてもよい。ガス分散リング48は、エッチング用のガスの混合分散して石英ベルジャ50内に放出するもので、ガス供給手段54が接続される。図示例のエッチング装置30は、一例として、CF₄とO₂との混合ガスでRIEとCDEとを行う装置であり、ガス供給手段54はCF₄、O₂、およびN₂ガスの供給源に接続され、各ガスの供給量が、それぞれに対応して配置されるマスフローコントローラ（MFC）56、56…およびバルブ58、58…によって調整、制御される。

【0029】また、図示例の装置においては、石英ベルジャ50を上部から覆うようにして、マイクロ波発振器60に接続された導波管62が配置され、空洞共振器を形成し、石英ベルジャ50内部にマイクロ波を供給する。すなわち、石英ベルジャ50の内部空間がチャンバ32に隣接するマイクロ波放電プラズマ発生部となる。マイクロ波発振器60によるマイクロ波の周波数には特に限定はなく、エッチングレートや使用するガス種等に応じて適宜決定すればよいが、通常、2.45GHz程度のものが使用される。導波管62には石英ベルジャ50によって反射されたマイクロ波を吸収するアイソレータ64、およびマイクロ波と石英ベルジャ50内のプラズマとのインピーダンスの整合を取るためのスリスタブチューナ66が配置される。

【0030】プラズマ発生部とチャンバ32内部、すなわち、石英ベルジャ50とチャンバ32との間には、ガス分散板68が配置されている。ガス分散板68は、アルミニウム等の導電性材料で形成された、メッシュ状あるいは多数の孔を有する板状体で、接地されている。

【0031】前述のように、本発明にかかるエッチング装置30は、CDE（ダウンフローエッチング）による等方性エッチングとRIEによる異方性エッチングとを行うことができる装置である。この装置においてCDEを行う際には、真空ポンプによってチャンバ32内部を減圧し、MFC56およびバルブ58によって流量を制御してガス供給手段54から（反応）ガスを供給する。ガスはガス分散リング48によって分散され、石英ベルジャ50内に均一に導入される。また、チャンバ32内のガス圧は、キャパシタンスマノメータ36で測定され、コンダクタンスバルブ34（必要に応じてMFC56およびバルブ58）によって所定値に制御される。こ

の状態でマイクロ波発生器60によってマイクロ波が発生されると、マイクロ波は導波管62を通過して石英ベルジャ50に供給され、石英ベルジャ50内のガスがプラズマ化されて第1のプラズマ52が発生し、図示例においてはフッ素ラジカルが生成する。

【0032】ここで、石英ベルジャ50内部（マイクロ波放電プラズマ発生部）とチャンバ32内部とは接地された導電性のガス分散板68で仕切られており、しかも、チャンバ32も導電性でかつ接地されているので、第1のプラズマ52中の電荷粒子はガス分散板68で吸収され、チャンバ32内部には侵入しない。他方、第1のプラズマ52によって発生したフッ素ラジカルを含む中性ガスは、ガス分散板68を通過してチャンバ32内部に侵入し、シリコンウエハ42に到達し、CDEによる等方性エッチングが行われる。

【0033】なお、図示例のエッチング装置30においては、石英ベルジャ50（プラズマ発生部）をチャンバ32に直結し、チャンバ32内の石英ベルジャ50と対向する位置にシリコンウエハ42を配置すると共に、前述のように、チャンバ32を上部電極として作用させる。そのため、フッ素ラジカルとチャンバ32内壁との衝突回数を最小限に抑えることができ、シリコンウエハ42に到達するフッ素ラジカルの量（密度）を最大として、等方性エッチングの速度を大きくすることができる。

【0034】一方、RIEは下記のようにして行うことができる。前述のように、シリコンウエハ42が載置される基台40は、導電性でかつ絶縁層38によってチャンバ32と絶縁されており、さらにRF電源44に接続される。そのため、必要に応じてガス圧を調整し、マイクロ波発生器60を停止あるいは駆動したままRF電源44を駆動して高周波電力を基台40に供給すると、基台40とチャンバ32との間に第2のプラズマ70が発生する。

【0035】チャンバ32は接地されており、その内壁よりなる接地電極面積に比べて基台40の面積は大幅に小さいため、第2のプラズマ70と基台40すなわちシリコンウエハ42との間に、第2のプラズマ70を（+）としシリコンウエハ42を（-）とする数百Vの直流電圧が発生する。これにより、第2のプラズマ70内の正電荷を持ったイオンは、エネルギーを得てシリコンウエハ42に入射し、RIEが行われる。ここで、直流電圧は第2のプラズマ70と基台40との間に発生するので、イオンの入射方向はシリコンウエハ42にはほぼ垂直となり、従って、垂直方向のエッチング速度を傾方向に対して十分に大きくすることができ、異方性の高いRIEを実現することができる。

【0036】すなわち、本発明のエッチング装置30によれば、マイクロ波発生器60の駆動によってCDEすなわち等方性エッチングを行うことができ、RF電源4

4の駆動によってRIEすなわち異方性エッチングを行うことができる。つまり、エッチング装置30によれば、RF電源44の駆動/停止（必要に応じてチャンバ内の雰囲気を整）のみで等方性エッチングと異方性エッチングとを切り替えることができ、1つの系内で容易に両エッチングを実施し、前述の本発明のコンタクトホール形成方法を良好な生産効率で実施することができる。しかも、図示例においては、CDEとRIEとを同じガスで行っているため、より簡便なコンタクトホールの形成が可能である。さらに、ガス流量およびコンダクタンスバルブ34の開度をCDEとRIEとで同一に設定すれば、CDEとRIEとの切り替え時間を実質上ゼロにできるので、生産効率を大幅に向上することができる。

【0037】なお、図示例の装置では、CDEとRIEとを同じガスで行っているため、RIEの際にも傾方向のエッチングが進行するが、これは十分に小さく、また、この場合にはCDEとRIEとの傾方向エッチングの総量でコンタクトホールの孔上縁を整えることができるので、全く問題とはならない。また、前述のように、RIEを行っている際には、マイクロ波発生器60を駆動してもなくてもよい。ここで、マイクロ波発生器60を駆動してRIEを行うと、同時にCDEも進行するので、エッチング速度および傾方向へのエッチング速度が早くなる。従って、RIE中のマイクロ波発生器60の駆動/停止は、形成するコンタクトホールのテーパ等に応じて適宜決定すればよい。

【0038】前述のように、本発明においてはRIEとCDEとを同じ系内で行うので、2回目以降のCDEにおけるエッチングの進行を妨害しないために、RIEをデポジション性の低い雰囲気とする必要がある。図示例のエッチング装置30においては、反応ガスとしてCF₄とO₂との混合ガスを用いてエッチングを行っている。絶縁膜12がBPSG膜等である場合には、エッチングにCF₄とO₂との混合ガスを用いることができるが、この混合ガスでは、RIEの際の絶縁膜12とシリコンとの選択性が低く、絶縁膜12のエッチングが進行してシリコンウエハ42が露出したとたんシリコンウエハ42までエッチングされてしまう。従って、このようにRIEにおける絶縁膜12とシリコンウエハ42との選択性が低い場合には、最後のRIE（異方性エッチング）すなわち前記図1（f）や図2B、の工程は、この装置では行わず、別のRIE装置で行うのが好ましい。あるいは、最後のRIEの際にガス供給手段54から供給する反応ガスを変更して、絶縁膜12とシリコンウエハ42との選択性を高めてもよい。

【0039】以上、本発明のコンタクトホールの形成方法およびエッチング装置について説明したが、本発明は上述の例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の変更および改良を行ってもよいのは

もちろんである。また、以上の説明は、コンタクトホールを例に行ったが、本発明はビアホールの形成に利用してもよいのはもちろんである。

【0040】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例を挙げ、本発明をより詳細に説明する。

【実施例】拡散層形成工程やゲート電極形成工程等を経たシリコンウエハ42上に、絶縁膜12として7000Å厚のBPSG膜を形成し、レジスト層14を塗布形成する。次いで、形成するコンタクトホール20に応じた開口をレジスト層14に形成した後、図3に示されるエッチング装置30を用い、図1に示される工程でコンタクトホール20の形成を行った。反応ガスはCF₄とO₂との混合ガスであり、その供給量はCF₄が80 sccm、O₂が20 sccmとし、チャンバ32内の圧力は0.2 Torrとした。また、マイクロ波発生器60の出力は800 Wで周波数は2.45 GHz、RF電源44の出力は500 Wで周波数は13.56 MHzである。上記条件におけるシリコンウエハ42と垂直方向のエッチングレートは、下記のとおりである。

マイクロ波=800 Wで、RF=0 Wの時(すなわちCDE)：2000 Å/分

マイクロ波=0 Wで、RF=500 Wの時(すなわちRIE)：6000 Å/分

【0041】以上の条件で、

1回目エッチング：上記CDEを30秒=図1(a)
2回目エッチング：上記RIEを10秒=図1(b)
3回目エッチング：上記CDEを30秒=図1(c)
4回目エッチング：上記RIEを10秒=図1(d)
5回目エッチング：上記CDEを30秒=図1(e)
を行い、図1(a)～(e)に示される工程のエッチングを行った。このエッチング条件では、RIEの際にレジスト層14下のイオン照射されない部分にはデポジションが生じないので、等方性エッチングが均一に進行し、滑らかなテーパーが形成される。

【0042】ここで、前述のように、上記条件ではRIEにおける絶縁膜12とシリコンとの選択性が低い。そのため、5回目のエッチングが終了した時点でシリコンウエハ42をエッチング装置30から取り出し、別のエッチング装置を用いて、CF₄+CHF₃+Arの混合ガスを用い、Siに対する選択性が高く、かつ完全に異方性のエッチング条件でRIEすなわち最後の異方性エッチング(図1(f)の工程)を行い、コンタクトホール20を形成した。その結果、図3に示される従来のコンタクトホール形成と同等の処理時間で、滑らかでかつ十分なテーパーを有する、良好なコンタクトホールを形成

することができ、ステップカバレージを向上することができた。以上の結果より、本発明の効果は明らかである。

【0043】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、滑らかで十分なテーパーを有し、寸法精度にも優れたコンタクトホールを、容易かつ高い生産効率で形成することができ、高い生産効率でステップカバレージを向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)、(b)、(c)、(d)、(e)および(f)は、本発明のコンタクトホールの形成方法の一例の概念図である。

【図2】本発明のコンタクトホールの形成方法によって得られたコンタクトホールの形状を示す概略図である。

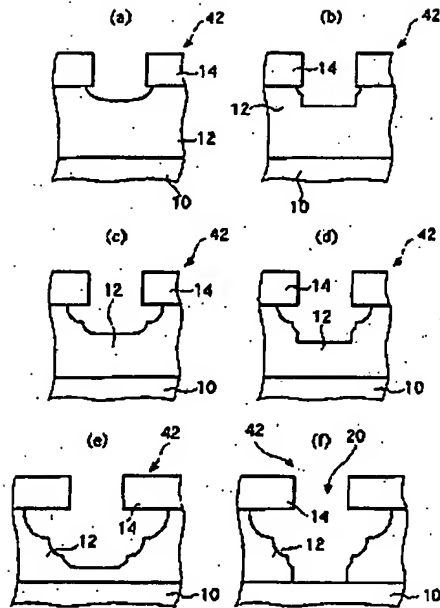
【図3】本発明のエッチング装置の一例の概念図である。

【図4】従来のテーパー付きコンタクトホールの概略図である。

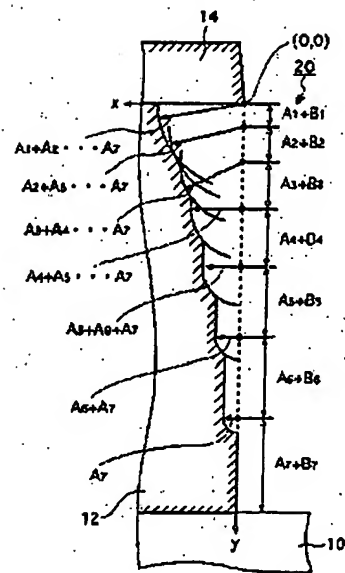
【符号の説明】

- 10 シリコン基板
- 12 絶縁膜
- 14 レジスト層
- 20 コンタクトホール
- 30 エッチング装置
- 32 (エッチング) チャンバ
- 34 コンダクタンスバルブ
- 36 キャパシタンスマノメータ
- 38 絶縁層
- 40 基台
- 42 シリコンウエハ
- 44 高周波(RF)電源
- 46 マッチング回路
- 48 ガス分岐リング
- 50 石英ベルジャー
- 52 第1のプラズマ
- 54 ガス供給手段
- 56 マスフローコントローラ(MFC)
- 58 バルブ
- 60 マイクロ波発生器
- 62 導液管
- 64 アイソレータ
- 66 スリースタブチューナ
- 68 ガス分岐板
- 70 第2のプラズマ

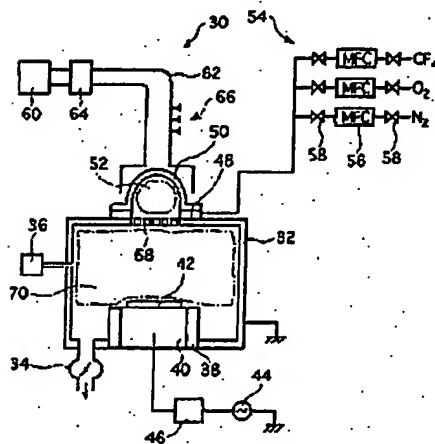
【図1】



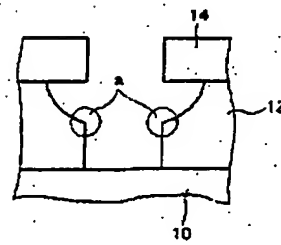
【図2】



【図3】



【図4】



(9)

特開平8-186095

フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶
H01L 21/28

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F
U

29/88

H01L 29/88

F

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

JP 8 - 186 095

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the etching technology of the contact hole in the manufacturing process of a semiconductor device. It is related with the etching system which enforces the formation method of this contact hole in the formation method of the contact hole which can form the contact hole which has the side attachment wall of a suitable smooth inclination (the shape of an abbreviation taper) in detail with easy and high productive efficiency, and a row.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to make step coverage of a contact hole high with detailed-izing of a semiconductor device, it is possible to attach an inclination (taper) to the side attachment wall of a contact hole, or to enlarge the up aperture of a contact hole, and various kinds of methods are devised and enforced.

[0003] For example, as shown in drawing 4, the insulator layers 12, such as a BPSG (boro phospho silicate glass) film, are formed on a silicon substrate (silicon wafer) 10. CF₄+O₂ after forming the resist layer 14 corresponding to a contact hole furthermore Chemical dry etching using mixed gas etc. (CDE), or the wet etching using etching reagents, such as BHF, etc. -- isotropic etching -- 1 time -- carrying out -- an insulator layer 12 -- isotropic -- some -- etching -- behind the bottom Reactive ion etching (RIE) etc. performs anisotropic etching once, and the method of punching the wineglass-like contact hole 14 is performed.

[0004] Moreover, in the formation method of the contact hole using RIE as other methods, conditions, such as a ratio of gas, are adjusted, a selection ratio etc. is adjusted suitably, and forming an abbreviation taper-like contact hole is also known. For example, it is CHF₃ in case RIE using the mixed gas of CF₄+CHF₃+Ar is performed. By performing a deposition to a wall, etching as a strong atmosphere of deposition nature by making [many] a ratio The method and CF₄ which form an abbreviation taper-like contact hole And/or, CHF₃ The improvement in a ratio, and O₂ The selection ratio of a resist layer and an oxide film is reduced by addition of gas etc. Forming a contact hole, when a resist layer also *****, the method of forming an abbreviation taper-like contact hole etc. is learned.

[0005] However, by the method of performing 1 time of anisotropic etching after performing 1 time of isotropic etching mentioned above, as shown in drawing 4, a contact hole 14 becomes wineglass-like, a part for a height as shown not all over the shape of a smooth taper but all over [a] drawing is formed, and there is a trouble that the step coverage of this portion is bad. Moreover, in order to perform CDE or wet etching, and completely different etching called RIE, with conventional equipment, different equipment needs to perform both etching and the trouble of being bad also has productive efficiency.

[0006] On the other hand, in the method of adjusting the rate of a gas ratio etc. in RIE, depending on about [that the controllability of an aperture cannot form a bad predetermined contact hole], and deposition nature, the aperture of a contact hole becomes very small, and there is a trouble that an aperture changes with depth of a contact hole, by the method of making the inside of a system a strong atmosphere of deposition nature. Moreover, by the method of falling a selection ratio, restrictions cannot be received in resist layer thickness and an etching rate, and sufficient taper cannot be attached. Or in order to form sufficient taper, it is necessary to thicken a resist layer, and

productive efficiency is bad too. Therefore, establishment of the technology which can form a contact hole with a good taper easily is desired.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The purpose of this invention is to solve the trouble of the aforementioned conventional technology, has smooth and sufficient taper and is to offer the etching system which enforces the formation method of the contact hole which can form the contact hole excellent also in the dimensional accuracy with easy and high productive efficiency, and the formation method of this contact hole.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the aforementioned purpose, the formation method of the contact hole of this invention It is the formation method of the contact hole in the manufacturing process of a semiconductor device. Supply neutral gas to the electric target which contains a fluorine radical in a semiconductor wafer, and isotropic etching is performed. Then, by repeating supplying the ion which carries out incidence perpendicularly to the aforementioned semiconductor wafer front face, and performing high etching of an anisotropy The formation method of the contact hole characterized by forming the contact hole to which the inclination was attached to the side-attachment-wall section, and etching within the same system at least except the last anisotropic etching is offered.

[0009] Moreover, in the aforementioned formation method, it is desirable in performing the aforementioned isotropic etching by downflow etching using the microwave discharge of an electric discharge room equation which is separable, and reactive ion etching performing high etching of the aforementioned anisotropy, and carrying out by switching the high-frequency-voltage impression to the high-frequency-voltage impression electrode to the pedestal which lays a semiconductor wafer for the switch to high etching of an anisotropy from the aforementioned isotropic etching with the aforementioned microwave discharge.

[0010] Moreover, in the aforementioned formation method, it is desirable in carrying out by impressing high-frequency voltage to the high-frequency-voltage impression electrode to the pedestal which lays a semiconductor wafer, performing the aforementioned isotropic etching by downflow etching using the microwave discharge of an electric discharge room equation which is separable, and reactive ion etching performing high etching of the aforementioned anisotropy, and performing the aforementioned microwave discharge for the switch to high etching of an anisotropy from the aforementioned isotropic etching.

[0011] Furthermore, the high-frequency-voltage impression electrode which lays the semiconductor wafer with which the etching system of this invention was insulated with the reaction chamber wall arranged in a reaction chamber, The microwave-discharge plasma generating section which adjoins the aforementioned reaction chamber and is prepared, A means to supply the gas for etching to this microwave-discharge plasma generating section, The etching system characterized by having the grounded gas distributor which is arranged between the aforementioned reaction chamber and the microwave plasma generating section and a means to impress high-frequency voltage to the aforementioned high-frequency-voltage impression electrode is offered.

[0012]

[Function of the Invention] Hereafter, the formation method of the contact hole of this invention and an etching system are explained in detail based on the suitable example shown in an attached drawing. The formation method (it considers as the formation method hereafter) of the contact hole of this invention sets it the foundations to repeat performing isotropic etching which makes a fluorine radical etchant into the same system, then performing high etching of the anisotropy by perpendicular ion incidence, in order to form a taper-like contact hole.

[0013] The formation method of this invention is notionally shown in drawing 1. In the formation method of this invention, in the manufacturing process of a semiconductor device, an insulator layer 12 is formed on the semiconductor substrate of silicon-substrate (silicon wafer) 10 grade, and application formation of the resist layer 14 is carried out. Subsequently, after forming opening corresponding to the aperture (path of ****) of the contact hole to form in the resist layer 14, As shown in drawing 1 (a), isotropic etching using the fluorine radical is performed and an insulator layer 12 is *****ed a little isotropic. first, subsequently As shown in drawing 1 (b), high

etching (it considers as anisotropic etching hereafter) of the anisotropy by perpendicular ion incidence is performed, an insulator layer 12 is *****ed a little still perpendicularly in different direction, and the contact hole of a predetermined aperture is punched still more deeply. By the formation method of this invention, a taper-like contact hole is formed by carrying out by repeating isotropic etching and anisotropic etching.

[0014] That is, in the example of illustration, while performing isotropic etching again, *****ing an insulator layer 12 a little further and removing a part for a height subsequently to drawing 1 (c) so that it may be shown, on the whole, the diameter of a contact hole is expanded. Then, as shown in drawing 1 (d), anisotropic etching is performed, and the contact hole of a predetermined aperture is punched still more deeply. Furthermore, by performing isotropic etching, as shown in drawing 1 (e), performing anisotropic etching finally, and penetrating an insulator layer 12, as shown in drawing 1 (f) (abbreviation), the taper-like contact hole 20 is formed. That is, in the example of illustration, the contact hole 20 is formed by repeating isotropic etching and anisotropic etching (cycle of "isotropic etching -> anisotropic etching") 3 times.

[0015] The contact hole 20 of the shape of a smooth taper brings a result which punches extending a hole also in a longitudinal direction by isotropic etching by carrying out by repeating the cycle of isotropic etching and anisotropic etching according to the formation method of such this invention as shown in drawing 1 (a) - (f), and punches a contact hole by the predetermined aperture by anisotropic etching, and the amount of height is not can be formed, and -- since a contact hole is finally completed by the anisotropic etching which could control the up aperture (it considers as ***** hereafter) of a contact hole, and met opening of the resist layer 14 by controlling the total amount of the isotropic etching from the 1st time to the last -- a hole -- it can do with what also has an exact diameter of bottom

[0016] In the formation method of this invention, ***** and the taper configuration of a contact hole can be adjusted by adjusting the number of times of a repeat of isotropic etching and anisotropic etching, and the amount of etching of each time (it mainly controlling by time). ***** of a contact hole is determined from the demand on a design and a total process. Therefore, what is necessary is just to determine the total amount of isotropic etching, i.e., the total quantity of the isotropic etching from the 1st time to the last, according to this. About the side-attachment-wall configuration of a contact hole, an effect big enough can be acquired for the repeat of isotropic etching and anisotropic etching compared with the case (example shown in aforementioned drawing 4) where he has 2 times or more, then no repeat. Although it is effective to increase the number of times of a repeat in order to acquire a smooth taper configuration with a deep hole (big hole of an aspect ratio) compared with ***** , less than 10 times is usually enough, and within the limits of this is desirable also in respect of productive efficiency, the size of ***** , etc. In addition, even if the amount of etching of each time is a different (isotropy and anisotropy) amount, it may be the same amount.

[0017] The configuration of the contact hole obtained by the formation method of this invention can be expressed more to a detail like drawing 2 . Both drawing 2 is the schematic diagrams showing the configuration of the unilateral side of the contact hole cross section which assumed that isotropic etching and anisotropic etching advanced ideally, and was obtained by the formation method of this invention, and is the contact holes which performed the repeat of isotropic etching and anisotropic etching 7 times, and formed it. (x, y) show a coordinate as a zero (0 0), setting [the m-th amount of isotropic etching] Bm and the number of times of a repeat at the time of an etching end to T for the amount of Am and the m-th anisotropic etching, and using the depth direction as the y-axis for the mask soffit of the resist layer 14 by using the direction of a front face into a x axis. In the example shown in drawing 2 , it is Am=0.5 and Bm=0.5m and T is 7 as mentioned above.

[0018] First, 90 degree radii of interior angles are drawn in the radius r shown by the following formula (1) focusing on a zero (0 0).

[Equation 1]

$$r = \sum_{m=1}^T A_m \quad (1)$$

It is set to "r=A1+A2+A7=0.5x7" in the example of illustration.

[0019] Subsequently, according to the number of T, it repeats drawing the radii of 90 degrees of interior angles in the radius r shown by the following formula (3) focusing on the coordinate point

shown by the following formula (2).

[Equation 2]

$$(0, \sum_{m=1}^{k-1} (A_m + B_m)) \quad (2)$$

$$r = \sum_{m=1}^{T-k+1} A_{T+1-m} \quad (3)$$

In the example of illustration, the radii of " $r=A_2+A_3+ \dots A_7=0.5 \times 6$ " are drawn focusing on a coordinate point (0 1). namely, subsequently The radii of " $r=A_3+A_4+ \dots A_7=0.5 \times 5$ " are drawn focusing on a coordinate point (0 2.5), and it is isotropic etching A7 about .. And anisotropic etching B7 It repeats until it corresponds.

[0020] Thus, by connecting the radii which draw a line parallel to the y-axis and adjoin each other, when radii are connected in that drew radii and adjacent radii crossed and radii do not cross, as shown in drawing 2, it becomes the taper configuration of the contact hole obtained by the formation method of this invention. Therefore, in the formation method of this invention, ***** and the taper configuration of a contact hole can be adjusted by adjusting the number of times of a repeat of isotropic etching and anisotropic etching (T), and the amount of etching of each time (A_m and B_m).

[0021] In this invention, it etches with equipment with same isotropic etching and anisotropic etching in one system at least except the last anisotropic etching at least except the last anisotropic etching. Therefore, all etching may be performed within one system, or only the last anisotropic etching (drawing 1 (f) and drawing 2 B7) may be performed by another system.

[0022] What is necessary is for there to be especially no limitation in an etching rate, and just to determine it as it suitably in the formation method of this invention, according to etching conditions, such as the depth of a contact hole, an aperture, an aspect ratio, gas used further, and applied voltage. In addition, although, as for an etching rate, the etching rate corresponding to the required minimum etching time serves as an upper limit from the point of the controllability of the amount of etching per time, productivity becomes good, so that an etching rate is large. Moreover, even if the etching rate of the isotropic etching in every cycle and/or anisotropic etching is the same, they may differ.

[0023] In the formation method of this invention, if it is etching which used the fluorine radical as isotropic etching, and etching which used perpendicular ion incidence as anisotropic etching, all well-known methods can be used and vapor etching, chemical dry etching (CDE), downflow etching, plasma etching, etc. can use reactive ion etching, sputter etching, ion beam etching, etc. as anisotropic etching as isotropic etching. In addition, downflow etching is a kind of CDE, only the inert gas which prevents a charged particle by the grounding electrode and contains active species is irradiated at a wafer, and isotropic etching is performed. It is desirable to perform isotropic etching by downflow etching using CDE, especially the microwave discharge in respect of productive efficiency, the precision of the contact hole to form, etc., and to perform anisotropic etching by reactive ion etching (RIE). using both -- the total amount of CDE from the 1st time to the last -- ***** of a contact hole -- suitable -- controllable -- the high anisotropy of RIE -- the hole of a contact hole -- when a diameter of bottom is correctly controllable, a good etch rate and high productive efficiency are realizable in addition, a contact hole -- a hole -- in order to prevent a upside side attachment wall serving as a back taper, in the first isotropic etching, it is required to supply neutral gas to a wafer electrically and not to carry out incidence of the ion as much as possible In this invention, in order to perform RIE and CDE by the same system, RIE needs to be taken as a low atmosphere of deposition nature so that etching in CDE of the 2nd henceforth may not be checked. Moreover, in order to shorten the loss time at the time of the change to CDE and RIE, it is desirable to etch by the same gas, the flow rate, and the pressure. Therefore, it is CF_4 as reactant gas of etching. O_2 It is more desirable to use mixed gas. However, since the selection ratio for silicon is not enough obtained in this mixed gas, as for the last anisotropic etching, it is desirable that change a gas system or another equipment performs.

[0024] By the formation method of this invention repeating such isotropic etching and anisotropic etching, performing them, and performing both etching once [at least] within one system at least except the last anisotropic etching, it is the outstanding productive efficiency and the contact hole

which has a good taper can be formed. The schematic diagram of an example of the etching system of this invention which enforces the formation method of such this invention to drawing 3 is shown. [0025] The etching system 30 shown in drawing 3 is CDE (downflow etching) about isotropic etching, and is equipment which performs anisotropic etching by RIE. In the etching system 30, the chamber 32 used as a reaction chamber (etching) is formed and grounded with conductive material, such as aluminum. That is, in the etching system 30 of the example of illustration, a chamber 32 acts as an up electrode of RIE as a desirable mode. Moreover, the vacuum pump (illustration abbreviation) with which a chamber 32 makes the chamber 32 interior a vacuum through the conductance bulb 34 from a base is connected, and the capacitance manometer 36 which measures the degree of vacuum inside a chamber 32 is arranged at a side attachment wall.

[0026] A pedestal 40 is arranged under the chamber 32. The silicon wafer (silicon substrate) 42 in which a contact hole is formed is laid in this pedestal 40, and etching is performed by CDE and RIE. In addition, while etching the temperature of a silicon wafer 42, the temperature-control mechanism for keeping it constant is prepared in the pedestal 40 (illustration abbreviation). In the etching system 30 of this invention, the pedestal 40 which lays a silicon wafer 42 is formed with conductive material, such as aluminum (alumite) to which the front face oxidized, and is insulated with the chamber 32 by the insulating layers 38, such as Teflon and a ceramic. Furthermore, the RF (Rf) power supply 44 is connected to a pedestal 40. That is, a pedestal 40 acts as a Rf voltage impression electrode in the case of RIE (lower electrode). In an etching system 30, although what is necessary is for there to be especially no limitation in the frequency of Rf, and just to decide suitably that it will be it according to an etching rate, the type of gas to be used, an about 13.56MHz thing is usually used.

[0027] In addition, with the equipment of the example of illustration, a pedestal 40 and RF generator 44 are connected through the matching circuit (a blocking capacitor is included) 46 for taking adjustment of the impedance of Rf at the time of impressing Rf, and plasma.

[0028] On the other hand, opening is formed in the ceiling of a chamber 32 and this opening is blockaded by the quartz bell jar 50 through the gas distribution ring 48. In addition, you may use the bell jar made from a ceramic instead of the quartz bell jar 50. The gas for etching carries out mixed distribution, the gas distribution ring 48 is emitted in the quartz bell jar 50, and the gas supply means 54 is connected. The etching system 30 of the example of illustration is CF₄ as an example. O₂ It is equipment which performs RIE and CDE by mixed gas, and the gas supply means 54 is CF₄ and O₂. And it connects with the source of supply of N₂ gas, and the amount of supply of each gas is adjusted and controlled by the mass-flow controller (MFC) 56 arranged corresponding to each, 56 -- and the bulb 58, and 58 --.

[0029] Moreover, in the equipment of the example of illustration, as the quartz bell jar 50 is covered from the upper part, the waveguide 62 connected to the microwave transmitter 60 is arranged, a cavity resonator is formed, and microwave is supplied to the quartz bell jar 50 interior. That is, the building envelope of the quartz bell jar 50 serves as the microwave-discharge plasma generating section which adjoins a chamber 32. Although what is necessary is for there to be especially no limitation in the frequency of the microwave by the microwave transmitter 60, and just to decide suitably that it will be it according to an etching rate, the type of gas to be used, an about 2.45GHz thing is usually used. The three stub tuner 66 for taking adjustment of the impedance of the isolator 64 which absorbs the microwave reflected by the quartz bell jar 50 to a waveguide 62 and microwave, and the plasma in the quartz bell jar 50 is arranged.

[0030] The gas distributor 68 is arranged between the plasma generating section, the chamber 32 interior 50, i.e., a quartz bell jar, and the chamber 32. The gas distributor 68 is the plate which has the hole of the shape of a mesh formed with conductive material, such as aluminum, and a large number, and is grounded.

[0031] As mentioned above, the etching system 30 concerning this invention is equipment which can perform isotropic etching by CDE (downflow etching), and anisotropic etching by RIE. In case CDE is performed in this equipment, the chamber 32 interior is decompressed with a vacuum pump, a flow rate is controlled by MFC56 and the bulb 58, and gas is supplied from the gas supply means 54 by them (reaction). It is distributed by the gas distribution ring 48 and gas is uniformly introduced in the quartz bell jar 50. Moreover, the gas pressure in a chamber 32 is measured with the capacitance

manometer 36, and is controlled by the conductance bulb 34 (the need is accepted and they are MFC [56] and a bulb 58) by the predetermined value. If microwave is generated by the microwave transmitter 60 in this state, the quartz bell jar 50 is supplied through a waveguide 62, the gas in the quartz bell jar 50 will be plasma-ized, the 1st plasma 52 will occur, and a fluorine radical will generate microwave in the example of illustration.

[0032] here, the quartz bell jar 50 and chamber 32 interior (microwave-discharge plasma generating section) is divided with the grounded conductive gas distributor 68 -- having -- **** -- moreover -- a chamber 32 -- conductivity -- and since it is grounded, the charge particle in the 1st plasma 52 is absorbed by the gas distributor 68, and does not trespass upon the chamber 32 interior. On the other hand, the inert gas containing the fluorine radical generated by the 1st plasma 52 passes the gas distributor 68, and trespasses upon the chamber 32 interior, a silicon wafer 42 is reached, and isotropic etching by CDE is performed.

[0033] In addition, the quartz bell jar 50 (plasma generating section) is directly linked with a chamber 32, and while arranging a silicon wafer 42 in the quartz bell jar 50 in a chamber 32, and the position which counters, a chamber 32 is made to act as an up electrode as mentioned above in the etching system 30 of the example of illustration. Therefore, the number of times of a collision of a fluorine radical and chamber 32 wall can be stopped to the minimum, and speed of isotropic etching can be enlarged by making into the maximum the amount (concentration) of the fluorine radical which reaches a silicon wafer 42.

[0034] On the other hand, RIE can be performed as follows. As mentioned above, it is conductivity and the insulating layer 38 insulates with the chamber 32, it connects with the Rf power supply 44 further, and the pedestal 40 in which a silicon wafer 42 is laid is. Therefore, gas pressure is adjusted if needed, and if the Rf power supply 44 is driven, suspending or driving the microwave generator 60 and RF power is supplied to a pedestal 40, the 2nd plasma 70 will occur between a pedestal 40 and a chamber 32.

[0035] The chamber 32 is grounded, and compared with the grounding-electrode area which consists of the wall, since it is sharply small, the direct current voltage of hundreds V which makes the 2nd plasma 70 (+) and makes a silicon wafer 42 (-) between the 2nd plasma 70 and a pedestal 40 42, i.e., a silicon wafer, generates the area of a pedestal 40. Thereby, the ion with the positive charge within the 2nd plasma 70 acquires energy, it carries out incidence to a silicon wafer 42, and RIE is performed. Here, since it generates between the 2nd plasma 70 and a pedestal 40, the direction of incidence of ion can become almost perpendicular to a silicon wafer 42, therefore direct current voltage can enlarge a vertical etch rate enough to a longitudinal direction, and can realize RIE with a high anisotropy.

[0036] That is, according to the etching system 30 of this invention, the drive of the microwave generator 60 can perform CDE, i.e., isotropic etching, and the drive of the Rf power supply 44 can perform RIE, i.e., anisotropic etching. That is, according to the etching system 30, isotropic etching and anisotropic etching can be changed only by a drive/halt of the Rf power supply 44 (the atmosphere in a chamber is adjusted if needed), both etching can be easily carried out within one system, and the formation method of the contact hole of the above-mentioned this invention can be enforced with good productive efficiency. And in the example of illustration, since the same gas is performing CDE and RIE, formation of a simpler contact hole is possible. Furthermore, if the opening of a quantity of gas flow and the conductance bulb 34 is identically set up by CDE and RIE, since switching time of CDE and RIE will be made to parenthesis top zero, productive efficiency can be improved sharply.

[0037] In addition, since the same gas is performing CDE and RIE, although lateral etching advances with the equipment of the example of illustration also in the case of RIE, this is fully small, and since ***** of a contact hole can be adjusted in the total amount of longitudinal direction etching with CDE and RIE in this case, a problem does not become at all. Moreover, when performing RIE, even if it drives the microwave generator 60 as mentioned above, it is not necessary to carry out. Here, if the microwave generator 60 is driven and RIE is performed, since CDE will also advance simultaneously, an etch rate and a lateral etch rate become early. Therefore, what is necessary is just to determine suitably a drive/halt of the microwave generator 60 in RIE according to the taper of the contact hole to form etc.

[0038] As mentioned above, since RIE and CDE are performed within the same system in this invention, in order not to block advance of etching in CDE of the 2nd henceforth, it is necessary to make RIE into the low atmosphere of deposition nature, and sets to the etching system 30 of the example of illustration, and it is CF₄ as reactant gas. O₂ It is etching using mixed gas. When an insulator layer 12 is a BPSG film etc., it is CF₄ to etching. O₂ Although mixed gas can be used, by this mixed gas, the selectivity of the insulator layer 12 in the case of RIE and silicon is low, and just as etching of an insulator layer 12 advances and a silicon wafer 42 is exposed, it will ***** to a silicon wafer 42. therefore, the selectivity of an insulator layer 12 and a silicon wafer 42 -- a low case -- drawing 2, the last RIE (anisotropic etching) (f), i.e., aforementioned drawing 1, B7 As for a process, it is desirable not to carry out with this equipment but to carry out by another RIE system. [in / RIE / in this way] Or in the case of the last RIE, the reactant gas supplied from the gas supply means 54 may be changed, and the selectivity of an insulator layer 12 and a silicon wafer 42 may be raised.

[0039] As mentioned above, although the formation method of the contact hole of this invention and the etching system were explained, this invention of various kinds of change and improvement being performed is natural in the range which limitation is not carried out to an above-mentioned example, and does not deviate from the summary of this invention. Moreover, although the above explanation carried out the contact hole to the example, this invention of your using for formation of a veer hole is natural.

[0040]

[Example] Hereafter, the concrete example of this invention is given and this invention is explained more to a detail.

On the silicon wafer 42 which passed through the [example] diffusion layer formation process, the gate electrode formation process, etc., the BPSG film of 7000Å ** is formed as an insulator layer 12, and application formation of the resist layer 14 is carried out. Subsequently, after forming opening according to the contact hole 20 to form in the resist layer 14, the contact hole 20 was formed at the process shown in drawing 1 using the etching system 30 shown in drawing 3. Reactant gas is CF₄. O₂ It is mixed gas and the amount of supply is CF₄. 80sccm(s) and O₂ It was referred to as 20sccm (s) and the pressure in a chamber 32 was set to 0.2Torr(s). Moreover, for the output of the microwave generator 60, frequency is [the frequency of the output of 2.45GHz and the Rf power supply 44] 13.56MHz in 500W 800W. The etching rate of the silicon wafer 42 in the above-mentioned conditions and a perpendicular direction is as follows.

At microwave = 800W, it is Rf = . At the time of 0W (namely, CDE); it is microwave = by 2000A/. At 0W, it is a part [0041] for; 6000A/at the time of Rf = 500W (namely, RIE). The above condition, the 1st time is etched. : It is 30 second = drawing 1 (a) about Above CDE.

2nd etching: It is 10 second = drawing 1 (b) about Above RIE.

3rd etching: It is 30 second = drawing 1 (c) about Above CDE.

4th etching: It is 10 second = drawing 1 (d) about Above RIE.

5th etching: It is 30 second = drawing 1 (e) about Above CDE.

The process shown in ***** and drawing 1 (a) - (e) was etched. On this etching condition, since a deposition does not arise into the portion to which ion irradiation of [under the resist layer 14] is not carried out in the case of RIE, isotropic etching advances uniformly and a smooth taper is formed.

[0042] Here, the selectivity of an insulator layer 12 and silicon is a low. [in / RIE / as mentioned above / at the above-mentioned conditions] Therefore, when the 5th etching was completed, the silicon wafer 42 was taken out from the etching system 30, and using another etching system, using the mixed gas of CF₄+CHF₃+Ar, the selectivity to Si performed anisotropic etching (process of drawing 1 (f)) of RIE, i.e., the last, on the etching conditions of an anisotropy highly and completely, and formed the contact hole 20. Consequently, by the processing time equivalent to the conventional contact hole formation shown in drawing 3, the good contact hole which has smooth and sufficient taper could be formed, and step coverage was able to be improved. From the above result, it is a book.

[0043]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as explained in detail, according to this invention, it has smooth and sufficient taper, the contact hole excellent also in the dimensional accuracy can be

formed with easy and high productive efficiency, and step coverage can be improved with high productive efficiency.

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.